

# *Capítulo 4*

## Parâmetros do Sistema Relacionados à Qualidade e Custo de Captação da Água para Irrigação

Antonio Ramalho Filho  
Daniel Vidal Pérez  
Fernando Cezar Saraiva do Amaral  
Sílvia Roberto de Lucena Tavares



No Brasil, de maneira geral, até bem pouco tempo atrás, quando se tratava de análise de água para fins agrícolas, sempre vinha em mente uma abordagem de coleta simples, visando exames puramente físico-químicos, que respondessem de imediato se a água amostrada atenderia os requisitos da planta, as propriedades físico-químicas do solo e se sua qualidade não comprometeria o equipamento de irrigação. Os fatores de poluição das fontes de água utilizadas e, conseqüentemente, suas influências sobre o meio ambiente, sempre foram desconsiderados ou relegados ao segundo plano.

Tal negligenciamento se deve, em parte, à cultura brasileira da abundância, já que o país possui a maior reserva de água doce do mundo, com aproximadamente 12% da disponibilidade mundial e em parte, a inexistência de uma preocupação pretérita da potencialidade das práticas agrícolas que veiculam água em seus processos, de poluírem o ambiente e contaminarem o homem.

A qualidade da água exigida pelos diversos usos é diferenciada. Assim sendo, determinada fonte de água pode ser considerada de boa qualidade para lazer e recreação, mas não para consumo humano ou irrigação. E ainda, dentro dos usos específicos a exigência também é diferenciada, por exemplo, outra fonte de água pode ser considerada de boa qualidade para ser utilizada em um determinado sistema de irrigação (aspersão), e por causa de sedimentos, ser inaceitável para sistemas de irrigação do tipo localizado (microaspersão e gotejamento).

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água (AYERS; WESTCOT, 1999). No entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral as fontes de água eram abundantes e de boa qualidade, além da fácil utilização. Todavia, esta situação está se alterando drasticamente em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade de superfície, implica que, mantido esse desperdício, num futuro próximo, tanto nos projetos novos como nos antigos, que requerem águas adicionais, terá que recorrer a água de qualidade inferior ou a utilização das de subsuperfície. Para evitar problemas subsequentes, deve existir planejamento efetivo que assegure melhor uso possível das águas, de acordo com sua qualidade.

Não só as variáveis de solo devem ser consideradas em um sistema de classificação de terras para irrigação, mas também aquelas referentes ao principal insumo que é a água, bem como a interação entre elas, uma vez que de nada adianta a existência de solos de boa aptidão se a água não apresenta a mesma qualidade ou que apresente alto custo de captação. Portanto, o sistema de classificação de terras deve ser entendido como um ente único, em que as características da água fazem parte do todo.

O enquadramento referente à qualidade das águas no sistema, numa primeira etapa, foi feito a partir das informações provenientes dos trabalhos de irrigação re-

alizados em todo o mundo (RICHARDS, 1954; RHOADES; CLARCK, 1978; AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1992) e, preferencialmente, daquelas referentes à água disponíveis em trabalhos realizados no semiárido brasileiro. Na etapa final, foi priorizada a obtenção de informação de campo que possibilitasse o ajuste conforme as variedades e manejo praticados atualmente nessa região.

No tocante ao custo de captação d'água, utilizou-se informação empírica recorrentemente utilizada nos projetos de irrigação, não apenas de empresas privadas, como também de órgãos, alguns normatizadores, como a CODEVASF, DNOCS, CHESF e ANA.

## 4.1 - Condutividade Elétrica (e)

A determinação da condutividade elétrica é uma maneira indireta de inferir a quantidade de sais presentes em uma solução. Quanto maior a condutividade, maior a concentração. A adequação da água para fins de irrigação não depende apenas do teor total dos sais dissolvidos, mas também dos tipos presentes. À medida que o conteúdo total dos sais aumenta, os problemas no solo e nas plantas se agravam, o que requer o uso de práticas especiais de manejo, objetivando manter a produtividade das culturas em níveis aceitáveis. As águas de alta salinidade requerem lixiviação contínua, a fim de que não ocorra risco de nível freático alto, tornando praticamente impossível manter por longo prazo a agricultura irrigada, sem a instalação de adequado sistema de drenagem. Se a drenagem for suficiente, o controle da salinidade exigirá apenas bom manejo para assegurar a água necessária às culturas e à lixiviação dos sais dentro dos limites de tolerância das plantas.

A manifestação da salinidade na planta se dá através da chamada “seca fisiológica”, ou seja, mesmo existindo água no solo a planta não tem condições de absorvê-la devido ao excesso de sais (pressão osmótica). Esses sais são geralmente provenientes dos processos de intemperização das rochas, ou podem ser acumulados a partir dos sais contidos na água de irrigação, por fluxo lateral de áreas posicionadas em cota superior ou por ascensão do lençol freático.

Um dos vários exemplos de experiências com irrigação que apresentaram problemas devido à qualidade da água é o do Perímetro Vale do Fidalgo (Estado do Piauí). Segundo relato dos técnicos locais e agricultores atuantes no projeto, variedades de banana como nanica e nanicão apresentaram boas produções no passado, bem como a cultura do algodão. No entanto, com o passar do tempo, as culturas passaram a apresentar produtividade decrescente, principalmente a banana, sendo atribuída essa queda de produtividade à salinização (Figuras 1 e 2) do solo acentuada pela significativa presença de enxofre na água de irrigação (classificação C3-S1). Essa água é proveniente de poço e captada a 80 metros de profundidade aproximadamente.



**Figuras 1 e 2** - Bananal irrigado por sulco e o detalhe da salinização de coloração esbranquiçada na superfície do solo (Projeto Vale do Fidalgo – Simplício Mendes/PI).

Acúmulo de sais ( $\text{CaSO}_4$ )

A tabela 1 apresenta os resultados do exame dessas águas coletadas e analisadas em agosto de 2004. Os resultados confirmaram que a água utilizada nesse perímetro possui características desafiadoras para uso com irrigação, principalmente nesses solos, que de modo geral, não possuem boa drenabilidade natural. Devido aos elevados teores de enxofre / sulfatos pareados com cálcio (negrito), o manejo nesta condição (água + solo + cultura + sistema de irrigação) requer muito cuidado visando obter produções aceitáveis e sustentáveis ao longo do tempo.

**Tabela 1** - Resultados das análises de duas amostras da água de irrigação (Projeto Vale do Fidalgo – Simplício Mendes/PI).

Determinação	Unidade	Amostra 01	Amostra 02
Ca	$\text{mg L}^{-1}$	225	230
Mg	$\text{mg L}^{-1}$	31,9	32,7
Na	$\text{mg L}^{-1}$	20,6	21,0
K	$\text{mg L}^{-1}$	14,3	14,7
B	$\text{mg L}^{-1}$	3,53	3,76
Mn	$\text{mg L}^{-1}$	0,053	0,052
Fe	$\text{mg L}^{-1}$	traço	traço
Zn	$\text{mg L}^{-1}$	0,003	0,002
Cu	$\text{mg L}^{-1}$	0,002	0,001
Cr	$\text{mg L}^{-1}$	traço	traço
Co	$\text{mg L}^{-1}$	traço	traço
Ni	$\text{mg L}^{-1}$	traço	traço
Al	$\text{mg L}^{-1}$	traço	traço
Cd	$\text{mg L}^{-1}$	traço	traço
Pb	$\text{mg L}^{-1}$	traço	traço
Mo	$\text{mg L}^{-1}$	traço	traço
Fluoreto	$\text{mg L}^{-1}$	0,30	0,31
Cloreto	$\text{mg L}^{-1}$	22,19	21,78
Nitrito	$\text{mg L}^{-1}$	traço	traço
Brometo	$\text{mg L}^{-1}$	0,20	0,21
Nitrato	$\text{mg L}^{-1}$	traço	traço
Fosfato	$\text{mg L}^{-1}$	traço	traço
Sulfato	$\text{mg L}^{-1}$	757,73	768,81
Condutividade elétrica	$\text{dS m}^{-1}$	1,2	1,2
pH		7,34	7,39

Como a irrigação é feita basicamente por sulco, o processo de salinização é acelerado pela elevada quantidade de água aplicada. Desta forma, culturas sensíveis como a banana (Figuras 3 e 4), têm sua produção decrescente ao longo do tempo a uma taxa aproximada de 40% a 50% consequência da elevação gradativa do teor de sais no solo, até tornar-se inviável economicamente, o que tem acontecido após 3 a 5 anos.



**Figuras 3 e 4** - Bananal com produção decrescente devido à irrigação por sulcos, utilizando água de elevado teor de sulfato de cálcio (Projeto Vale do Fidalgo – Simplício Mendes/PI).

A determinação do nível de salinidade se faz a partir da medição da condutividade elétrica da amostra da água de irrigação. Essa variável permitirá inferir a sustentabilidade que o solo terá em relação à salinização, principalmente se ele apresenta propensão para o desenvolvimento do processo: baixa profundidade, baixa condutividade hidráulica e baixa posição na paisagem. Permitirá igualmente, avaliar o grau de resposta que cada cultura em função de sua resistência intrínseca, não só à salinidade do solo, mas também à resistência fisiológica de seus tecidos aos sais, principalmente se o sistema de irrigação escolhido for o de aspersão. A condutividade elétrica também tem importância por afetar potencialmente a eficiência e durabilidade das tubulações metálicas e do conjunto motobomba.

Os perímetros do semiárido irrigados com água dos rios das grandes bacias, como o São Francisco e Parnaíba não apresentam risco para esta variável devido à sua excelente qualidade, com valores baixos, na ordem de  $0,05 \text{ dS m}^{-1}$ . No entanto, geralmente águas provenientes de poços artesianos ou pequenos reservatórios superficiais no cristalino nordestino têm apresentado águas de péssima qualidade (C3S3 ou C3S4).

A condutividade elétrica da água de irrigação deve ser determinada conforme Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997), devendo ser expressa em  $\text{dS m}^{-1}$ .

Para o **sistema de irrigação por aspersão**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a  $0,6 \text{ dS m}^{-1}$  para a cultura do feijão. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a  $0,7 \text{ dS m}^{-1}$  para as culturas da banana, acerola, melão, feijão e uva. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$  para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a  $0,6 \text{ dS m}^{-1}$  para a cultura do feijão. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a  $3,5 \text{ dS m}^{-1}$  para a cultura do coco.

## 4.2 - Relação ou Razão de Adsorção de Sódio (s)

Da mesma forma que é estruturado para as determinações do solo, essa variável expressa o risco que o alto teor de sódio na água de irrigação poderá trazer não só ao solo (sodificação), como nesse caso, também às plantas cultivadas, principalmente se o sistema de irrigação considerado for o de aspersão, bem como poderá trazer danos ao próprio sistema de irrigação.

Teores relativamente altos de sódio em relação aos de cálcio e magnésio na água de irrigação, normalmente superiores a 3:1, ou mesmo baixos valores absolutos de cálcio no solo, tendem a prejudicar suas propriedades físico-químicas, desequilibrando-o estruturalmente e, por fim, reduzindo sua permeabilidade. Esse impacto geralmente ocorre de forma mais intensa nas camadas superficiais.

Contrastando com os sintomas típicos da toxicidade do cloreto, que se inicia no ápice das folhas, os sintomas típicos do sódio se apresentam em forma de queimadura ou necrose ao longo das bordas, evoluindo para a região internervural das folhas (AYERS; WESTCOT, 1999).

Os perímetros do semiárido irrigados com água dos rios das grandes bacias como o São Francisco e Parnaíba, não apresentam risco para esse parâmetro devido a sua excelente qualidade (C1S1).

Pode-se considerar que, em geral, a concentração de sódio na solução do solo não é maior que duas a três vezes a concentração na água de irrigação nos 30 cm superficiais. O solo, no entanto, tem sua solução variável na concentração motivada por fatores como o tempo, a planta, a água recebida por irrigação e por precipitação natural, a localização no perfil, entre outros. Se a água de irrigação apresentar concentração e composição constantes e as condições de drenagem forem boas, a percentagem de sódio trocável variará muito pouco de ano para ano em zonas áridas.

Uma das formas de se corrigir a Relação de Adsorção de Sódio (s) nos sistemas de irrigação consiste em misturar a água com elevada (s) com água de boa qualidade. Desta forma, pode-se trazer o valor final da mistura para uma faixa que seja menos limitante para a cultura explorada. Evidentemente, a mistura das águas de irrigação vai depender da economicidade de se incorporar a água de boa qualidade ao sistema, ou seja, ela deverá ter baixo custo de captação (distância e altura) além de possuir volume suficiente durante todo o ano. Outra maneira de se conviver com água de irrigação com valor elevado (s) é a seleção de plantas menos sensíveis.

A determinação dos elementos componentes da Relação de Adsorção de Sódio (s) na água de irrigação deve ser feita da seguinte forma: Através de Fotometria de Chama, Ca e Mg através de métodos espectrofotométricos (ICP ou AAS), conforme FEEMA (1979) ou, na impossibilidade, através de Titulação Complexométrica, de acordo com Rump (1999). Os teores de Na, Ca e Mg devem ser calculados em  $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$  enquanto a Relação de Adsorção de Sódio em  $\text{mmol}_c^{1/2} \text{ L}^{-1/2}$ .

## 4.3 - Cloreto (c)

Variável importante por originar a toxicidade mais frequente em água de irrigação. É um elemento tóxico para boa parte das plantas cultivadas quando presente em grande quantidade, principalmente se o sistema de irrigação considerado for o de aspersão. A toxicidade mais frequente é a provocada pelo cloreto contido na água de irrigação, uma vez que no solo este ânion não causa maiores problemas.

Como o cloreto não é adsorvido pelas partículas, ele se desloca facilmente através da solução do solo, sendo absorvido pelas raízes e translocado às folhas, onde se acumula sob o efeito da transpiração. Se sua concentração excede a tolerância da planta, produzem-se danos com seus sintomas característicos, como necroses e queimaduras nas folhas (AYERS; WESTCOT, 1999). Normalmente as espécies frutíferas são mais sensíveis que as culturas anuais, principalmente as produtoras de grãos e estas mais sensíveis que as espécies forrageiras. Esta ordem concorda com Maas (1984) que dentre as culturas componentes desta metodologia, atribuiu injúria foliar devido à presença de sódio ou cloreto na água de irrigação ( $10\text{-}20\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ) para o milho e somente  $5\text{-}10 \text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$  para a uva, devido a sua maior sensibilidade.

Os perímetros do semiárido irrigados com água dos rios das grandes bacias, como São Francisco e Parnaíba, não apresentam risco para esse parâmetro, uma vez que a água desses rios possui baixos valores de cloro dissolvido.

A determinação do cloreto na água de irrigação deve ser feita por Cromatografia Iônica e na impossibilidade, por Argentometria (Método de Mohr), de acordo com FEEMA (1979) ou Rump (1999). A unidade requerida pelo sistema é  $\text{mg L}^{-1}$ .

Para o **sistema de irrigação por aspersão**, os valores mais limitantes para o cloreto na água de irrigação na classe 1 foram inferiores a  $65 \text{mg L}^{-1}$  para a cultura do feijão, enquanto os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a  $750 \text{mg L}^{-1}$  para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a  $100 \text{mg L}^{-1}$  para as culturas da banana e uva, enquanto os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a  $980 \text{mg L}^{-1}$  para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a  $80 \text{mg L}^{-1}$  para a cultura do feijão, enquanto os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a  $900 \text{mg L}^{-1}$  para a cultura do coco.



## 4.4 - Ferro (f)

Variável que tem sua importância relacionada mais à distribuição de água no sistema de irrigação do que pela sua fitotoxicidade propriamente dita. Ainda assim, seu maior impacto está restrito ao sistema de irrigação do tipo localizado, porque pode obstruir os emissores e formar incrustações nas tubulações devido à baixa velocidade do fluxo de água nesse sistema, não tendo praticamente influência nos sistemas convencionais.

A qualidade da água de irrigação, com relação a esta variável, é influenciada pela natureza dos solos das áreas de captação, naturalmente ricos em ferro, destacando-se os Latossolos e Espodossolos ferrocárbicos, compondo a bacia hidrográfica ou mesmo, se a água de irrigação é proveniente de represas e açudes com muita matéria orgânica em decomposição, oriunda de capins, taboa (*Typha latifolia*), junco (*Cyperus giganteus* ou *Papyrus radiatus*) e aguapés (*Eichhornia crassipes*) principalmente, normalmente ricos em ferro.

Segundo Ayers e Westcot (1999), o limite para o teor de ferro na água de irrigação, de forma genérica, é de  $2 \text{ mg L}^{-1}$ . Como o impacto desse parâmetro está fortemente ligada ao sistema de irrigação, além de ter relativamente baixo custo de correção, seus valores definidores de classes no SiBCTI foram ampliados.

Atualmente o procedimento de melhor relação custo/benefício para a retirada do ferro na água de irrigação é através da oxigenação para precipitá-lo e retirá-lo posteriormente por filtragem. Apesar dessa estrutura não ser representativa na planilha de custo de um sistema de irrigação do tipo localizado, esse custo deverá ser atentado se o teor final desse elemento na água de irrigação for representativo.

A determinação do teor de ferro na água de irrigação deve ser feita por Métodos Espectrofotométricos (ICP ou AAS), de acordo com FEEMA (1979). A unidade requerida pelo sistema é  $\text{mg L}^{-1}$ .

Para o **sistema de irrigação por aspersão**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a  $1,5 \text{ mg L}^{-1}$  para a cultura da manga, enquanto os maiores valores na classe 6 foram superiores a  $9,5 \text{ mg L}^{-1}$  para todas as culturas.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a  $1,3 \text{ mg L}^{-1}$  para a cultura da manga, enquanto os maiores valores na classe 6 foram superiores a  $9 \text{ mg L}^{-1}$  para todas as culturas, excetuando a manga.

Para o sistema de irrigação por superfície, os menores valores para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a  $1,9 \text{ mg L}^{-1}$  para a cultura do feijão, enquanto os maiores valores na classe 6 foram superiores a  $10 \text{ mg L}^{-1}$  para todas as culturas, excetuando manga e feijão.

## 4.5 - Boro (b)

O boro é um elemento essencial para a nutrição vegetal embora seja requerido em quantidades diminutas (0,03 a 0,04 mg L<sup>-1</sup>). Porém, em concentrações um pouco maiores, pode ser muito fitotóxico. Logicamente o nível de concentração que o torna tóxico varia de acordo com a espécie vegetal.

Dependendo da quantidade, pode afetar as culturas quando presente no solo nos três sistemas de irrigação contemplados no Sistema, e não apenas no de aspersão, como salientado para as variáveis anteriores.

Os sintomas aparecem, em geral, como manchas amarelas, em processo de necrose, nas bordas e ápices das folhas mais velhas. À medida em que o boro se acumula, os sintomas se estendem pelas áreas internervurais até o centro das folhas.

As águas superficiais raramente apresentam boro em concentração tóxica. Quando ocorre toxicidade, esta é mais frequente em águas residuais ou mesmo de lençol freático, onde ocorre acúmulo de ácidos orgânicos.

Os sintomas na maioria das culturas aparecem quando a concentração foliar de boro excede 250 a 300 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca, mas nem todas as culturas sensíveis acumulam o boro em suas folhas. As fruteiras de caroço e algumas rosáceas são facilmente afetadas por boro, mas não o acumulam em quantidade suficiente em suas folhas para que a análise foliar permita um diagnóstico confiável. Nesses casos, há que se confirmar a sua toxicidade mediante análises da água e do solo e por meio de observações dos sintomas e das características do crescimento vegetativo (AYERS; WESTCOT, 1999).

No tocante à sensibilidade ao boro, não foi possível constatar níveis de injúrias nos perímetros visitados. Dentre as culturas componentes da base de dados, a literatura sequencia como mais tolerantes o coco e a cebola; semitolerantes o melão, a melancia, o milho e o feijão e mais sensível a uva (RICHARDS et al., 1954). No entanto, Maas (1984) classificou a cebola e o feijão no mesmo grupo de sensibilidade da uva.

A determinação da concentração de boro na água de irrigação deverá ser feita pelo método Azometina de acordo com Rump (1999). A unidade requerida pelo sistema é mg L<sup>-1</sup>.

Para o **sistema de irrigação por aspersão**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 0,5 mg L<sup>-1</sup> para as culturas do feijão e uva, enquanto os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a 3,1 mg L<sup>-1</sup> para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação localizada**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 0,6 mg L<sup>-1</sup> para a cultura da uva, enquanto os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a 4,6 mg L<sup>-1</sup> para a cultura do coco.

Para o **sistema de irrigação por superfície**, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 0,6 mg L<sup>-1</sup> para a cultura do feijão, enquanto os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a 4,5 mg L<sup>-1</sup> para a cultura do coco.

## 4.6 - Diferença de Cota (h) e Distância da Captação D'água (d)

Variáveis importantes não só pelo aspecto da sustentabilidade do sistema solo x planta x qualidade da água x sistema de irrigação, mas também por questão de economicidade. Dessa forma, de nada adianta haver um solo de elevado potencial agrícola ou mesmo água para irrigação de boa qualidade, se o custo de captação for elevado. É uma variável difícil de se ponderar, pois com o barateamento do maquinário e da energia, tarifas diferenciadas por horário e agricultor, a economicidade da captação torna-se extremamente dinâmica, variando de acordo com o tempo e com a região considerada.

Um exemplo bastante didático da importância da qualidade e custo de captação de água para o sucesso de um projeto de irrigação é o Projeto Vale do Fidalgo, também conhecido como Morro dos Cavalos, localizado no Estado do Piauí. Nesse projeto, a irrigação é feita com água de poço captada a uma profundidade de 80 a 100 metros (Figuras 5 e 6), uma vez que o principal rio da região (Jatobá) não é perene. A receita gerada pela produção agropecuária praticamente não cobre os custos de produção, principalmente os relacionados à tarifa de energia e a manutenção do sistema de captação

da água de irrigação, atacados pela constante corrosão devido ao elevado teor de enxofre/sulfatos na água de irrigação.

**Figuras 5 e 6 -** Captação de água com elevado teor de enxofre a 80 metros de profundidade. (Projeto Vale do Fidalgo – Simpício Mendes/PI).



A unidade requerida é em metros para a diferença de cota e quilômetros para a distância de captação.

Para os sistemas de irrigação por aspersão, localizada e por superfície, os valores menos limitantes para esse parâmetro na classe 1 foram inferiores a 40 m e 20 km respectivamente para diferença e distância da captação d'água para todas as culturas. Por outro lado, os valores mais limitantes na classe 6 foram superiores a 120 m e 60 km respectivamente para diferença e distância da captação d'água para todas as culturas.

## Referências Bibliográficas

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standards methods for the examination of water and wastewater**. 15. ed. Washington, DC, APHA-AWWA-WPCF, 1992. 1268 p.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, UFPB. 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1). Tradução de Gheyi, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. ver. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- FEEMA **Metodos de analise fisico-quimica da água**. Rio de Janeiro: DICOMT, 1979. 3 v. (Cadernos FEEMA. Serie didática, 14/79).
- MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. In: CHRISTIE, B.R. (ed.) **The handbook of plant science in agriculture**. Boca Raton, Florida. CRC Press, 1984. p. 57-75
- RHOADES, J. D.; CLARCK, M. **Sampling procedures and chemical methods in use at the United States Salinity Laboratory for chracterizing salt-affected soils and waters**. Riverside, US Salinity Laboratory, 1978. p. 116-151.
- RICHARDS, L. A. (ed) **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC, US Depatment of Agriculture, 1954. 160 p. (USDA Agricultural Handbook, 60).
- RUMP, H. H. **Laboratory manual for the examination of water, waste water and soil**. 3. ed. rev. Weinheim: Wiley-VCH, 1999. 225 p. English translation by Elisabeth Grayson.